

Rec'd PCT/PTO 07 SEP 2004

10/506888
PCT/CN03/00165

证 明

REC'D 24 APR 2003

WIPO PCT

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 03 08

申 请 号： 02 1 04081.8

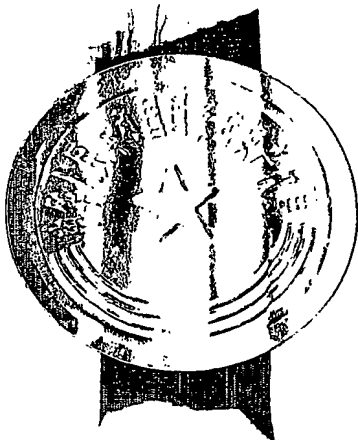
申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 数字调节光接收模块及其调节方法

申 请 人： 华为技术有限公司

发明人或设计人： 唐振宇

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



中华人民共和国
国家知识产权局局长

王景川

2003 年 3 月 31 日

权 利 要 求 书

1. 一种数字调节光接收模块, 包括光电转换电路、光功率检测电压输出电路、和由直流/直流 (DC/DC) 升压电路组成的偏置电压调节电路, 其特征在于:

5 还包括数字控制调节电路, 对直流/直流 (DC/DC) 升压电路的输出高压进行数学式调节; 还包括一模数 (A/D) 转换电路, 将检测的激光器工作温度电压转换成数字量, 和将检测的光功率偏置电压转换成数字量, 用于控制所述的数字控制调节电路, 进行激光器高压监控、激光器温度补偿及激光器在不同环境温度下的暗电流补偿; 还包括一存储器, 用于存储光接收模
10 块参数, 作为数字控制调节电路的调整依据。

2. 根据权利要求 1 所述的一种数字调节光接收模块, 其特征在于: 所述的数字控制调节电路是一数/模 (D/A) 转换器。

3. 根据权利要求 1 所述的一种数字调节光接收模块, 其特征在于: 所述的数字控制调节电路是一数字电位器。

15 4. 一种数字调节光接收模块的数字调节方法, 其特征在于包括以下处理步骤:

A. 设置存储器, 存储光接收模块在光功率上报暗电流调零和激光管偏置电压调整时的数模转换 (DA) 值, 及在光功率检测标定和温度检测标定时的模数转换 (AD) 值;

20 B. 从指定的存储器存储单元中取出数模转换 (DA) 值, 对 D/A 转换器加载;

C. 从存储器功率检测存储单元中取出数据, 与利用模/数 (A/D) 转换电路检测并转换的光功率模数转换 (AD) 值进行比较, 比较结果送模块中央处理单元 (CPU) 进行线性插值;

25 D. 从存储器温度检测存储单元中取出数据, 与利用模/数 (A/D) 转换电路检测并转换的温度 (AD) 值进行比较, 比较结果送模块中央处理单

元 (CPU);

E. 模块中央处理单元 (CPU) 在判断出当前温度下光功率检测暗电流补偿是按给定的温度系数补偿时保持当前 DA 值, 在判断出当前温度下光功率检测暗电流补偿未按给定的温度系数补偿时, 改变步骤 B 中的数模转换 (DA) 值, 进一步调整光功率检测暗电流调零补偿电压;

F. 模块中央处理单元 (CPU) 在判断出当前温度下激光管偏置电压是按给定的温度系数补偿时保持当前数模转换 (DA) 值, 在判断出当前温度下激光管偏置电压未按给定的温度系数补偿时, 改变步骤 B 中的数模转换 (DA) 值, 进一步调整激光管的偏置电压。

5 5. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法, 其特征在于所述步骤 A 中, 存储光接收模块在光功率上报暗电流调零时的数模转换 (DA) 值, 进一步包括:

A1. 设定一数模转换 (DA) 值;

15 A2. 光功率检测运算放大器 (OPM) 输出值经模数转换送中央处理单元 (CPU);

A3. 中央处理单元 (CPU) 在判定该输出值 (OPM) 满足无光调零要求时, 将当前数模转换 (DA) 值保存在存储器的存储单元中, 中央处理单元 (CPU) 在判定该输出值 (OPM) 不满足无光调零要求时, 返回步骤 A1。

20 6. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法, 其特征在于所述步骤 A 中, 存储光接收模块在调整激光管偏置电压时的数模转换 (DA) 值, 进一步包括:

A4. 设定一数模转换 (DA) 值;

A5. 激光管偏置电压经模数转换送中央处理单元 (CPU);

25 A6. 中央处理单元 (CPU) 在判定该值满足激光管偏置电压大小时, 将当前数模转换 (DA) 值保存在存储器的存储单元中, 中央处理单元 (CPU) 在判定该值不满足激光管偏置电压要求时, 返回步骤 A1。

7. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法，其特征 5 在于所述步骤 A 中，存储光接收模块在光功率检测标定时的模数转换（AD）值，进一步包括：

A7. 输入标准光源；

5 A8. 在光功率上报检测范围内，每 0.5dBm 进行一次模数转换（AD）值的标定，将标定的模数转换（AD）值存储在存储器的存储单元中。

8. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法，其特征 10 在于所述步骤 A 中，存储光接收模块在温度检测标定时的模数转换（AD）值，进一步包括：

A9. 计算得出温度与模数转换（AD）值间的对应关系；

A10. 在一温度范围内，每 5℃ 进行一次模数转换（AD）值的标定，将 15 标定的模数转换（AD）值存储在存储器的存储单元中。

9. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法，其特征 15 在于：所述的存储器，还存储有与光接收模块相关的参数，包括模块型号、生产日期、调测时的灵敏度、过载点、激光管偏置电压的最大值和实际调测值。

10. 根据权利要求 4 所述的一种数字调节光接收模块的数字调节方法，其特征 20 在于：还包括利用所述的中央处理单元（CPU）直接读出模/数（A/D）转换电路输出的激光器偏置电压数字量，进行实时显示。

数字调节光接收模块及其调节方法

技术领域

本发明涉及一种光网络通信系统中的光电转换技术，更确切地说是涉及
5 一种光接收模块及其参数的数字调节方法。

背景技术

在光通信网络系统中，光接收模块主要完成光电转换功能，因此光接收模块具有非常重要的地位，其性能直接影响通信系统的指标和稳定性。

图1所示框图是传统采用的模拟调节光接收模块结构，主要包括三大功能部件：
10

(1) 完成光/电转换的光电转换电路11，输入光信号，输出微弱电信号，采用PIN或APD激光管（或激光器），图中13为限幅放大器（LIA），对微弱的电信号进行限幅放大，供CDR提取时钟、数据（DATA）。

(2) 偏置电压调节电路，为光电接收管提供偏置电压，不同的APD管需提供不同的偏置电压，即光接收模块光电接收管的偏置电压可调，此外，对于APD管，其偏置电压还能根据APD管不同的工作温度进行温度补偿，图中12为DC/DC
15 升压电路，RS为采样电阻，RP2为DC/DC升压电路12的调节电阻，RT为热敏电阻，采用模拟方式对偏置电压进行温度补偿。

结合参见图2，是传统光接收模块偏置电压高压调节的一个典型结构框图，
20 由集成片IC、倍压电路连接构成DC/DC升压电路，通过调节电阻RP2，来改变DC/DC升压电路FB端的电位VFB，再通过集成片IC内的反馈电压Vfb，最终改变V-APD高压（35~75V）。

如图中所示， $V_{-APD} = V_{fb} \times R_{51} \div RP2$ 。

不同激光器在不同温度下，需要提供不同的温度补偿，即提供不同的偏置电压，以使激光器在不同的环境温度下获得较高的接收灵敏度，补偿系数约为 $+0.08\text{V}/^{\circ}\text{C} \sim +0.15\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 。传统的做法是采用外接温度传感器，用感温检测到的电压来调节反馈电压 V_{fb} ，从而得到不同的 V_{APD} 偏置电压，但在实际使用过程中，是无法做到对 V_{APD} 电压的大小跟踪检测及调整的，即补偿不能完全满足每个 APD 管的补偿系数。目前的做法是根据各个激光器具体的参数，调节电位器 $RP2$ ，并利用万用表等测试工具检测偏置电压 V_{APD} 的大小。

(3) 光功率检测电压输出电路 14，根据光电管的响应电流，通过采样（电阻 $RP3$ ）光电接收管上偏置电流的大小来检测光功率。

结合参见图 3，是传统的提供暗电流补偿的光功率检测调零电路，图中 RS 是偏置电流采样电阻，31 是 PIN 或 APD 光电接收管， $RP3$ 是暗电流调零电阻，运算放大器 $OP2$ 输出光功率检测电压（OPM）。通过调整电阻 $RP3$ ，对光功率检测电压输出电路 14 进行输出光功率调整，控制光电转换电路 11 的偏置电流和实现无光输出时的调零，即暗电流补偿。

目前，很多光接收模块都设置有 LOS 上报功能，一般通过滞回比较电路上报。LOS 上报可通过预置设定的比较电压来获得，通常情况下可设定为在接收光功率灵敏度 3dB 下上报。预置电压的大小目前一般通过电位器分压获得，调测完毕后即将该点固定。采样比较可利用限幅放大芯片用采样信号峰峰值比较，也可运用光功率检测电路提供检测电压比较。

上述模拟调节光接收模块结构因其技术成熟，故而被普遍应用于光网络电信设备中。但是由于对该模拟调节光接收模块各个参数的调节均通过调节电位器实现，而电位器本身有可靠性差、容易因老化产生参数漂移等问题，因此该结构电路不能做到实时监控及调节，只能采用人工方式调节，而且还需要由素质较高的技术工人来做，不仅生产效率低，而且非线性补偿特性不好。

总的来说，现有技术模拟调节光接收模块的主要缺点是：

(1) 生产调测过程复杂、成本高，在线可维护性差。

模拟调节光接收模块参数指标的精度和稳定性主要依赖于电位器的精度和稳定性，而电位器是利用机械装置改变滑动点的位置来改变电阻值，进而改变激光器工作点的，机械式电位器触点接触不良及温度特性方面的问题，因运输、振动等造成触点移动的问题，都会使光接收模块参数发生漂移；

- 5 调节电位器是一个复杂的过程，难以对接收模块进行自动化生产，不易形成工业化规模生产，导致生产成本居高不下；

光接收模块的指标对工人素质、技术熟练水平的依赖性太大，难以保证产品的直通率和一致性；

- 10 采用模拟电位器的光接收模块的调测参数难以保留，厂家难以利用IT平台建立起产品参数数据库，而该数据库对维护、改进产品是具有重要意义的；

电信级设备要求很高的可靠性和稳定性，激光器随着使用年限的增加，因老化等因素引起参数指标漂移，采用模拟电位器的光接收模块，则无法在系统不间断业务情况下实现性能参数的调节。

(2) 参数存储、采集不便，光功率数据不直观。

- 15 由于没有利用存储器来存储相关参数，无法在线和及时获得光接收模块的相关参数，如调测时的初始偏置电压、调测时间、接收灵敏度等参数；

对于光功率检测方面，只能检测输出电压大小，无法在光接收模块上准确反映出输入光功率的大小。

(3) 非线性补偿能力差。

- 20 对于偏置电压的温度补偿，是采用热敏电阻等模拟方式进行的，由于热敏电阻等温度传感器的温度特性，造成实际补偿曲线无法与真正APD管的温度曲线重合，从而在高低温环境下测试出的性能，会由于温度补偿原因导致模块接收灵敏度等关键性能下降；

- 25 现有技术主要通过检测光电接收管的光电响应电流来检测光功率的大小，由于暗电流的存在及其随着环境温度的不同而变化，导致检测精度下降，不能满足当前光功率检测精度越来越高的要求。

目前，随着数字技术的发展，许多模拟技术都被数字技术替代。现有技术中的模拟调节光接收模块结构也应该采用数字技术实现。

发明内容

5 本发明的目的是设计一种数字调节光接收模块及其调节方法，运用数字技术，实现光接收模块参数的实时监控、在线调节和非线性补偿性能，包括高压调节及温度补偿、接收光功率检测时在不同环境温度下的暗电流补偿等，并利用存储器保存模块的相关参数及厂家型号、批次等信息，能大大提高调测效率和可跟踪性，有效减低生产和维护成本。

10 实现本发明目的的技术方案是这样的：一种数字调节光接收模块，包括光电转换电路、光功率检测电压输出电路、和由直流/直流（DC/DC）升压电路组成的偏置电压调节电路，其特征在于：

还包括数字控制调节电路，对直流/直流（DC/DC）升压电路的输出高压进行数学式调节；还包括一模数（A/D）转换电路，将检测的激光器工作温度电压转换成数字量，和将检测的光功率偏置电压转换成数字量，用于
15 控制所述的数字控制调节电路，进行激光器高压监控、激光器温度补偿及激光器在不同环境温度下的暗电流补偿；还包括一存储器，用于存储光接收模块参数，作为数字控制调节电路的调整依据。

所述的数字控制调节电路是一数/模（D/A）转换器。

所述的数字控制调节电路是一数字电位器。

20 实现本发明目的的技术方案还是这样的：一种数字调节光接收模块的数字调节方法，其特征在于包括以下处理步骤：

A. 设置存储器，存储光接收模块在光功率上报暗电流调零和激光管偏置电压调整时的数模转换（DA）值，及在光功率检测标定和温度检测标定时的模数转换（AD）值；

25 B. 从指定的存储器存储单元中取出数模转换（DA）值，对 D/A 转换器加载；

C. 从存储器功率检测存储单元中取出数据，与利用模/数(A/D)转换电路检测并转换的光功率模数转换(AD)值进行比较，比较结果送模块中央处理单元(CPU)进行线性插值；

5 D. 从存储器温度检测存储单元中取出数据，与利用模/数(A/D)转换电路检测并转换的温度(AD)值进行比较，比较结果送模块中央处理单元(CPU)；

E. 模块中央处理单元(CPU)在判断出当前温度下光功率检测暗电流补偿是按给定的温度系数补偿时保持当前DA值，在判断出当前温度下光功率检测暗电流补偿未按给定的温度系数补偿时，改变步骤B中的数模转换
10 (DA)值，进一步调整光功率检测暗电流调零补偿电压；

F. 模块中央处理单元(CPU)在判断出当前温度下激光管偏置电压是按给定的温度系数补偿时保持当前数模转换(DA)值，在判断出当前温度下激光管偏置电压未按给定的温度系数补偿时，改变步骤B中的数模转换(DA)值，进一步调整激光管的偏置电压。

15 所述步骤A中，存储光接收模块在光功率上报暗电流调零时的数模转换(DA)值，进一步包括：

A1. 设定一数模转换(DA)值；

A2. 光功率检测运算放大器(OPM)输出值经模数转换送中央处理单元(CPU)；

20 A3. 中央处理单元(CPU)在判定该输出值(OPM)满足无光调零要求时，将当前数模转换(DA)值保存在存储器的存储单元中，中央处理单元(CPU)在判定该输出值(OPM)不满足无光调零要求时，返回步骤A1。

所述步骤A中，存储光接收模块在调整激光管偏置电压时的数模转换(DA)值，进一步包括：

25 A4. 设定一数模转换(DA)值；

A5. 激光管偏置电压经模数转换送中央处理单元(CPU)；

A6. 中央处理单元 (CPU) 在判定该值满足激光管偏置电压大小时, 将
当前数模转换 (DA) 值保存在存储器的存储单元中, 中央处理单元 (CPU)
在判定该值不满足激光管偏置电压要求时, 返回步骤 A1。

所述步骤 A 中, 存储光接收模块在光功率检测标定时的模数转换 (AD)
5 值, 进一步包括:

A7. 输入标准光源;

A8. 在光功率上报检测范围内, 每 0.5dBm 进行一次模数转换 (AD)
值的标定, 将标定的模数转换 (AD) 值存储在存储器的存储单元中。

所述步骤 A 中, 所述步骤 A 中, 存储光接收模块在温度检测标定时的
10 模数转换 (AD) 值, 进一步包括:

A9. 计算得出温度与模数转换 (AD) 值间的对应关系;

A10. 在一温度范围内, 每 5℃ 进行一次模数转换 (AD) 值的标定, 将
标定的模数转换 (AD) 值存储在存储器的存储单元中。

所述的存储器, 还存储有与光接收模块相关的参数, 包括模块型号、生
15 产日期、调测时的灵敏度、过载点、激光管偏置电压的最大值和实际调测值。

还包括利用所述的中央处理单元 (CPU) 直接读出模 / 数 (A / D) 转
换电路输出的激光器偏置电压数字量, 进行实时显示。

本发明的数字监控、调节光接收模块, 采用数字化技术进行光接收模块
的调节、监控, 与传统模拟调节光接收模块相比较, 只是稍加改变基本电路
20 结构, 但侧重改变了进行参数调节的控制方式; 通过增加用于存储光模块参
数的存储器, 和增加数字控制器件及 A/D 模数转换器件来取代电位器, 从而
真正实现了光接收模块的在线调测、准确控制和实时监控功能。

本发明利用包括数字电位器、D/A 转换器的数字调节技术, 实现光接收模块
的在线调测; 本发明在光接收模块上使用 A/D, 来实时监控输入光功率大小、APD
25 管工作温度的变化、和偏置电压的大小;

本发明在光接收模块上使用存储器技术，来实现相关参数的存储和在线查询；

本发明采用存储器及A/D转换器实现对光功率大小的判别；

5 本发明采用数字控制方式实现激光器偏置电压的数字化补偿与暗电流的数字化补偿。

实施本发明时，因模块参数设置和调节需软件参与，故会增加系统的软件开销，但与模拟电位器调节光模块相比较，则变其诸多缺点为优点，包括：

（1）稳定可靠，数控光接收模块采用数控器件（包括数字电位器、数模转换器），来设置APD管的偏置电压，因没有机械触点，因而使可靠性、稳定性和
10 寿命方面更有保证；

（2）易调测生产成本低，数控电位器调节采用软件方法实现，直接利用软件实现偏置电压大小的调节和检测，改变了传统的调测方法，易于实现自动化生产，提高生产效率，降低成本；

（3）易跟踪，利于采用现有的IT平台，组建产品参数数据库，对质量保证
15 和产品跟踪提供可能，因实现自动化生产，模块生产质量对生产工人素质的依赖性降低，利于降低生产成本，提高产品质量；

（4）可在线监控，降低维护成本，通过网管系统，可实现光模块参数的在线查询、调节、监控，通过远程监控快速定位解决相关问题，降低因维护给电信业务带来的影响；

20 （5）数字化温度补偿简单有效，通过对光电接收管的温度监控，在偏置电压和暗电流补偿上实现数字化的温度补偿，提高接收灵敏度和光功率检测精度。

附图说明

图 1 是传统模拟调节光接收模块结构框图；

图 2 是传统光接收模块偏置电压高压调节典型结构框图；

25 图 3 是传统光接收模块光功率检测暗电流补偿调零典型结构框图；

图 4 是本发明数字调节光接收模块结构框图；

图 5 是本发明数字调节光接收模块中数字调节转换控制方式的原理图;

图 6 是本发明数字调节光接收模块中数控电位器控制方式的原理图;

图 7 是图 6 中数控电位器电原理图;

图 8 是本发明数字调节光接收模块中模拟量检测输出监控电原理图;

5 图 9 是本发明数字调节光接收模块数控调节实现流程框图;

图 10 是本发明数字调节光接收模块实现监控流程框图。

具体实施方式

图1至图3前已述及，不再赘述。

参见图4，为本发明的数字调节光接收模块结构，包括光电转换电路21、
10 DC/DC升压电路22、限幅放大器23（LIA）、光功率检测电压输出电路24、数控
调节电路25、模/数转换电路（A/D）26和存储器27。与图1所示模拟调节光接收
模块相比较，增加了数控调节电路25、模/数转换电路（A/D）26和存储器27，
将模拟调节光接收模块的电位器调节改变为数控调节。图中RT为热敏电阻，用
于感测激光器的温度特性，以便对激光器的偏置电压进行温度补偿调节。

15 光电转换器21将输入的光信号转变为电信号，并经限幅放大器23放大后输
出（DATA）；模/数转换电路（A/D）26用于检测激光器光功率（激光管偏置电
压），并通过模/数转换电路（A/D）26检测热敏电阻RT上的电压，经A/D转换，
通过查询存储器27相应地址单元，获得激光管（APD）工作温度及相应的偏置电
压数据，再经数控调节电路25（D/A转换）转换成模拟量自动调整DC/DC升压电
20 路22，达到控制激光器偏置电压大小的目的，和通过光功率检测对激光器无光
时的暗电流作补偿，从而实现数字式温度补偿微调节。图中与光功率检测电压
输出24并接的取样电阻RS及DC/DC升压电路22也均采取温度补偿措施。

为了解决普通模拟电位器存在的诸多缺点，本发明采用数字控制方式实现
相关参数的调节，可以有两种实现方式，一种是采用数/模转换控制方式，如图
25 5所示，另一种是采用数字电位器的方式，如图6所示。

参见图5，是本发明实现偏置电压调节（高压）、功率检测暗电流调零及LOS上报预定电压输出的一种数字调节及监控电路，是采用数/模转换控制（DAC）方式的实施电路。

5 包括串行D/A转换器（如12bit）和运算放大器，串行时钟、片选信号及串行数据通过DAC串行接口进入D/A转换器，输出信号分别通过运放器进行电平转换，为偏置电压调节（高压）信号、功率检测暗电流调零信号及LOS上报预定电压信号。

利用DAC实现数字控制量到模拟控制量的转换，对于12bit的DAC器件来说，其输出电压满足：

10
$$V_o = \frac{V_{REF} \times Data}{2^N}$$
，其中 V_o 为模拟电压输出， V_{REF} 为参考电压，Data为DAC数字

量输入，N为DAC转换器的位数。

参见图6，是本发明实现偏置电压调节（高压）、功率检测暗电流调零及LOS上报预定电压输出的一种数字调节及监控电路，是采用数控电位器方式的原理图。由64级数控电位器61连接三运放器构成，64级数控电位器61的串行接口串
15 行输入时钟、数据和地址选择数据，分别输出三个模拟信号，经运放器电平转换，形成偏置电压调节（高压）、功率检测暗电流调零及LOS上报预定电压。

参见图7，数控电位器从功能结构上相当于电阻阵列与多路选择模拟开关的组合，如图中，64级数控电位器由63个串联电阻1、2、...、63对P1、P2两点间电位分压，和由64路选择模拟开关进行电压选择输出（PW），使用时通过对选
20 择寄存器写入不同的数据，使相应的模拟开关闭合，相当于机械式电位器触点的移动。

图5、图6中都需要增加电平转换电路，三运放器的主要功能是实现电平转换和进行阻抗隔离。由于DAC或数控电位器输出的电压范围为0至参考电压（ V_{ref} ），而光接收模块的控制电压范围因电路不同而存在差异，就需通过运放器转换获
25 得，也可通过使用双极晶体三极管或MOS器件实现电平转换。另外，DAC或数控

电位器的输出阻抗较大，负载能力较差，可利用运放大器的高输入阻抗特性实现数控电位器、DAC与被控电路间的隔离。

参见图8，本发明光功率检测数字化在线控制的实现，是通过采用A/D转换单元，将模拟量转化为数字量，实现模拟量检测输出监控。主要包括将检测的偏置高压V_{APD}直接转换为数字量、将光功率的大小（光功率检测输出OPM）直接转化为数字量，和直接将激光器温度检测输出量转化为数字量，A/D转换单元输出串行数据。从而免去了在调测时通过使用万用表等仪表来监控其大小的步骤，大大提高了系统调测的效率。

以12位A/D为例，ADC器件实现模拟量到数字量的转换，对于12bit ADC器件，其输出数字量满足：

$$Data = \frac{V_{in}}{V_{REF}} \times 2^N$$
，其中V_{in}为模拟电压输入，V_{REF}为参考电压，Data为ADC数字

量输出，N为ADC转换器的位数，利用该公式即可从Data输出量检测出Vin电压大小。

为提高检测精度，光功率检测通过标定方式进行，即在检测范围内每间隔0.5dbBm，采集A/D检测的光功率上报值，并将其存入存储器内的某一单元中。

激光器温度检测结果经A/D上报，经计算处理后得到实际温度值，将A/D值及温度值以对应二维表存入存储器内的某一单元中（见下表），通过比较插值方法上报温度值，和通过简单的计算直接上报偏置电压值。

本发明在光接收模块中，使用存储器27（见图4），来解决以往光接收模块无法实现历史数据再现等问题。具体包括：将对应模块的型号、生产日期、出厂调测时的灵敏度、过载点、偏置电压的最大值及实际调测值等存储在存储器中，可通过在线远程查询进行维护，如通过查询存储器内某一参数来确知模块的出厂日期等等；在光功率检测方面，采用关键点标定方法，通过对整个光功率检测范围内使用曲线拟合的方式，利用光模块上A/D实时采集的数据，再经过对比，即可准确判别光功率的大小；此外，存储器还可存储数字调节的初始化参数。

表格中，在检测量是对应的激光器工作温度时（采用温度传感器，如热敏电阻等，再经温度补偿公式的计算获得），标定A/D值与对应的实际温度值之间的对照；在检测量是V-APD时，标定A/D值与对应的实际V-APD值间的对照，和检测量是对应光功率时，标定A/D值与对应的实际光功率值间的对照。

5 在光功率检测时，计算实际V-APD值所使用的公式是：

$$Data = \frac{V_{in}}{V_{REF}} \times 2^N, \quad V_{ref} = 5V, \quad N = 12, \quad Data = 23H, \quad \text{采用15倍电阻分压, 即}$$

$$V_{APD} = 15V_{in}.$$

检测量	标定A/D值	对应实际值
对应温度检测	612H	-5℃
	51EH	0℃
	4ABH	5℃

	21CH	55℃
对应V-APD电压	6E3H	$6E3H \times \frac{5}{2^{12}} \times 15 = 32.28V$
对应光功率检测	008H	-32.0dBm
	01DH	-31.5dBm
	013H	-30.0dBm
	019H	-29.0dBm
	01EH	-28.0dBm
	025H	-27.0dBm

	6EAH	-9.0dBm

不同激光器在不同的温度下，需通过改变偏置电压来进行温度补偿，偏置电压大小体现出温度补偿量，以使激光器在不同的环境温度下都能获得较高的接收灵敏度。

在传统的设计中，只采用热敏电阻等模拟方式进行补偿，其补偿曲线无法与真正APD管的温度曲线相重合。本发明通过采用ADC方式，利用A/D实时采集APD管的温度，通过计算，再利用数控调节单元（DAC或数控电位器）实现激光管偏置电压微调节，从而实现对偏置电压进行准确的温度补偿，同时还可监控APD管的工作，提供温度的在线查询。利用A/D实时采集到的APD管温度，再利用D/A实现在不同环境温度下对暗电流（随温度变化）的数字化补偿，有利于提高光功率检测精度。

结合参见图9，进一步说明本发明光接收模块的数字调节、写存储器模块的流程。包括调测第一步：常温25℃下对光接收模块进行调测；调测第二步：光功率检测标定；和第三步：激光器温度检测标定。

其中第一步，光接收模块调测有两条执行路线，一是暗电流调零，二是偏置电压调节。

关于暗电流调零：

步骤901，设定DA转换值，进行光接收模块的光功率上报暗电流调零；

步骤902，调节光功率检测补偿电压，在该设定的DA转换值下，将检测的OPM值送AD转换器，转换后结果送中央处理单元（CPU），供CPU判断是否满足无光调零的要求，如果不满足则返回步骤901，重新设定DA值，如果满足则往下执行步骤903。

关于偏置电压调节：

步骤904，设定D/A转换器的数据输入值，进行光接收模块激光管偏置电压的调节；

步骤905，调节偏置电压，在该设定的D/A转换数据输入值下，将检测到的激光管的偏置电压V_{-APD}送A/D转换器，转换后结果送中央处理单元（CPU），供CPU判断是否满足偏置电压的要求，如果不满足则返回步骤904，重新设定DA值，如果满足则往下执行步骤903；

步骤903, 将满足要求的D/A转换数据输入值存储到存储器的某一地址单元中。

调测第二步, 光功率检测标定:

步骤906, 输入标准光源, 在光功率上报检测范围内, 每隔0.5dBm, 由A/D
5 转换器检测上报光功率, 并转换成相应的数字值作逐点标定;

步骤907, 将每一标定的上报光功率的数字值存储在存储器的某一地址单元中。

调测第三步, 进行激光管工作温度检测标定:

步骤908, 根据温度传感器检测的电压, 计算获得温度与AD值的对应关系,
10 并在一温度范围内, 如 $-5 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 内, 每隔 5°C 标定一个AD值;

步骤907, 将每一标定的温度与对应的AD数字值存储在存储器的某一地址单元中。

除了将调测过程中DA、AD的相关数据值写入存储器中外, 还可将相关的出厂信息、接收灵敏度、过载点等模块参数(909)存储在存储器中(910)。

15 上述对存储器的写入过程完成后, 调测过程结束, 对存储器作写保护处理后结束。

参见图10, 经调测出厂后的光接收模块在系统中使用时的执行过程包括:

步骤101, 用从指定存储器单元中读出的值加载D/A转换器, 即将需要进行DA控制的数字调节初始化参数数据送入D/A转换器中, 供进行后续的线性插值运
20 算;

步骤102, 从存储器光功率及温度参数存储单元中(经地址分配)读出相关的数据值;

步骤103, 将步骤102读出的光功率值与检测的光功率并经AD转换后的数据值比较, 比较结果上报CPU;

25 步骤104, 将步骤102读出的温度值与检测的温度并经AD转换后的数据值比较, 比较结果上报CPU;

步骤107, 根据步骤104的温度检测比较结果, 判定在该温度下光功率检测暗电流补偿是否按给定温度系数补偿;

步骤106, 若步骤107的判定结果为否, 则通过DA调整光功率检测暗电流调零补偿电压;

5 步骤110, 若步骤107的判定结果为是, 则保持DA值不变;

步骤108, 根据步骤104的温度检测比较结果, 判定在该温度下偏置电压是否按给定温度系数补偿;

步骤109, 若步骤108的判定结果为否, 则通过DA调整偏置电压, 并返回步骤105;

10 步骤110, 若步骤108的判定结果为是, 则保持DA值不变;

步骤105, 通过公式计算由步骤109获得的偏置电压调整结果, 计算结果上报CPU, 偏置电压Vb通过ADC监控。

15 在传统的设计中, 只采用了热敏电阻等模拟方式补偿, 补偿曲线无法与真正APD管的温度曲线重合, 从而在高低温环境下测试其性能会由于温度补偿原因导致接收灵敏度等关键性能下降。本发明通过A/D采集APD管工作温度, 经过计算, 再利用数控调节单元实现偏置电压微调节, 从而实现了偏置电压进行准确的温度补偿, 同时可以监控APD管工作的环境温度, 提供在线查询。

20 采用A/D采集到APD管工作温度, 可以有效地利用D/A实现在不同的环境温度下对暗电流随温度变化的数字化补偿, 有利于提高光功率检测精度, 是一种实现简单且有效的设计。

本发明的数字监控、调节光接收模块, 可实现在线调测、监控等, 因数字化调节自身带来的优点, 使应用了该技术设计的光发送、光接收模块具有优良的性能。

25 本发明的模块及调节方法, 经在光网络通信产品中试用, 证明具有可靠性和可行性。

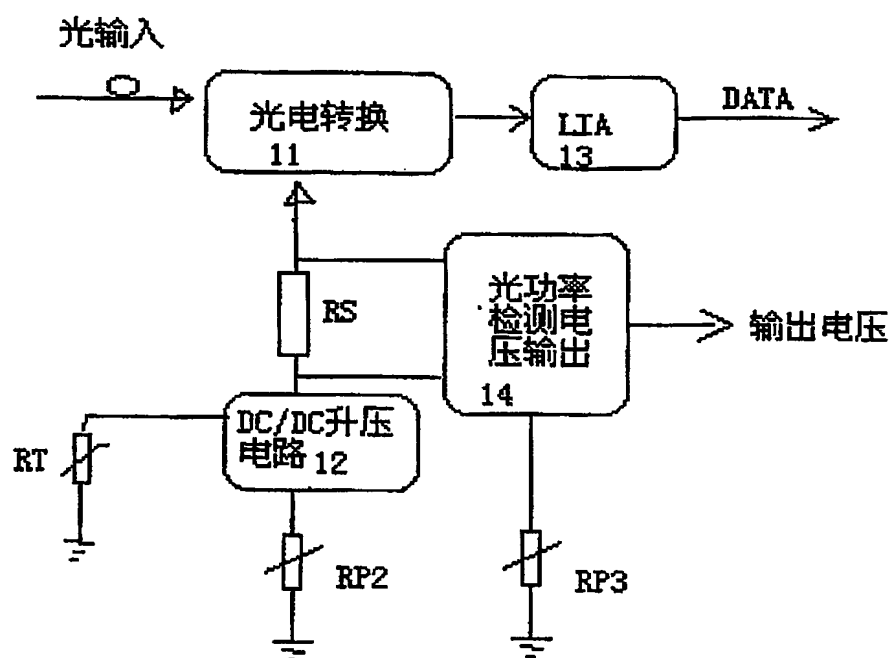


图1

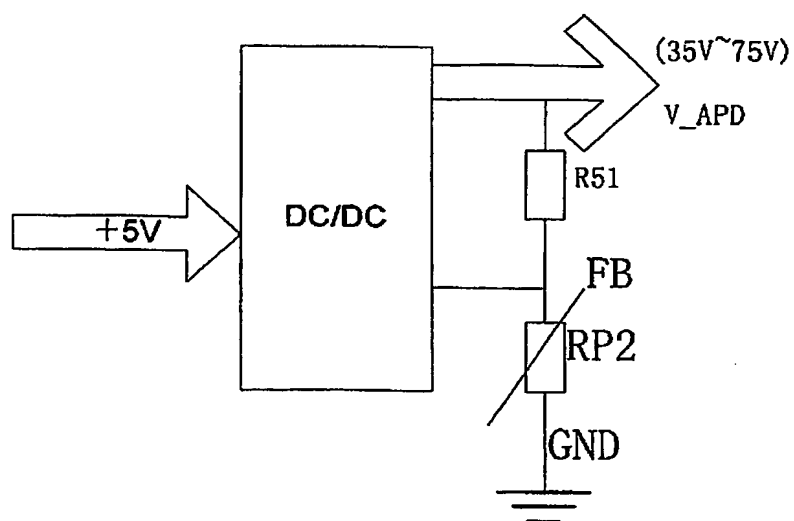


图2

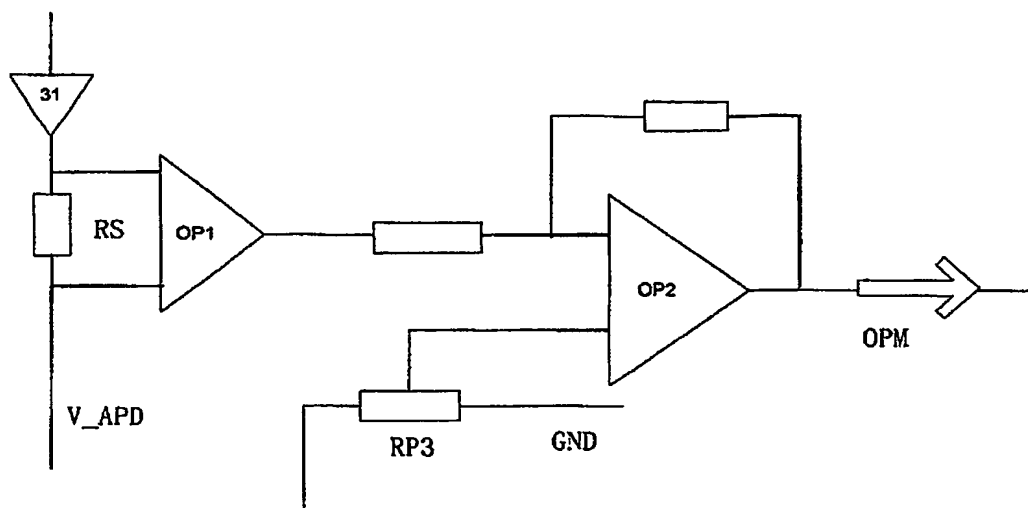


图 3

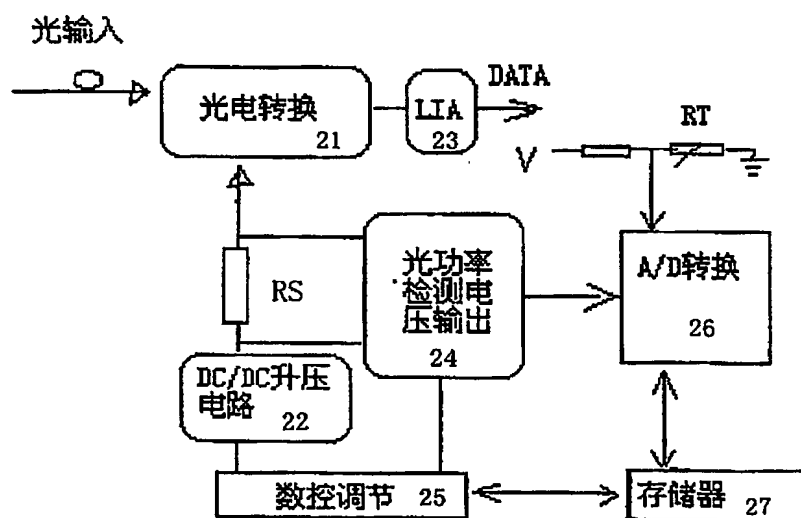


图 4

74

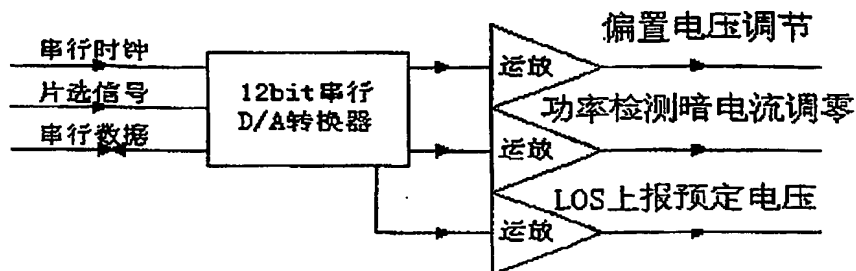


图5

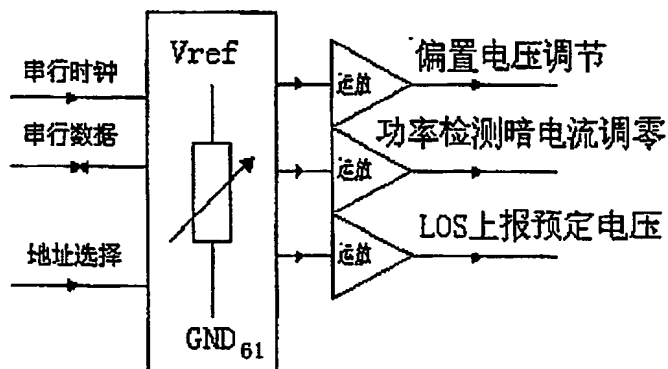


图6

25

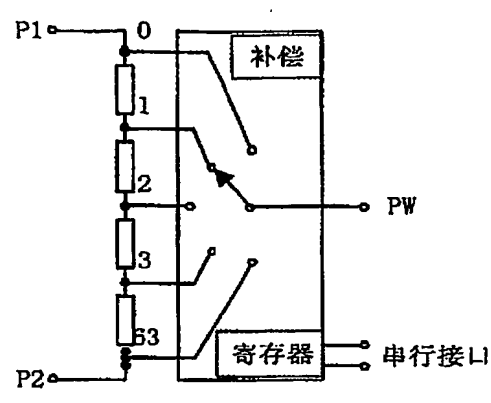


图 7

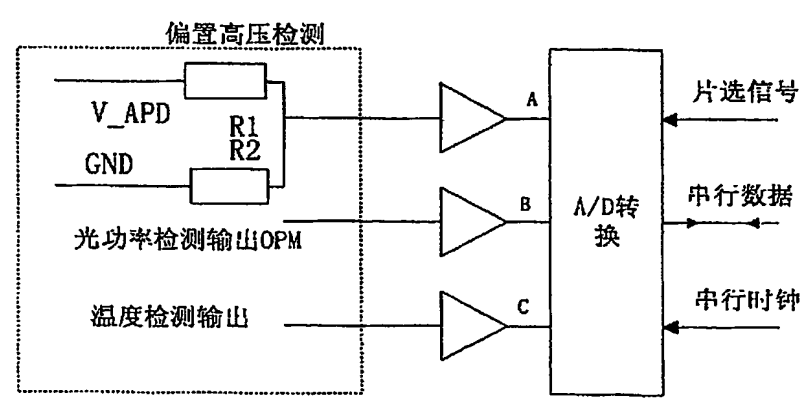


图 8

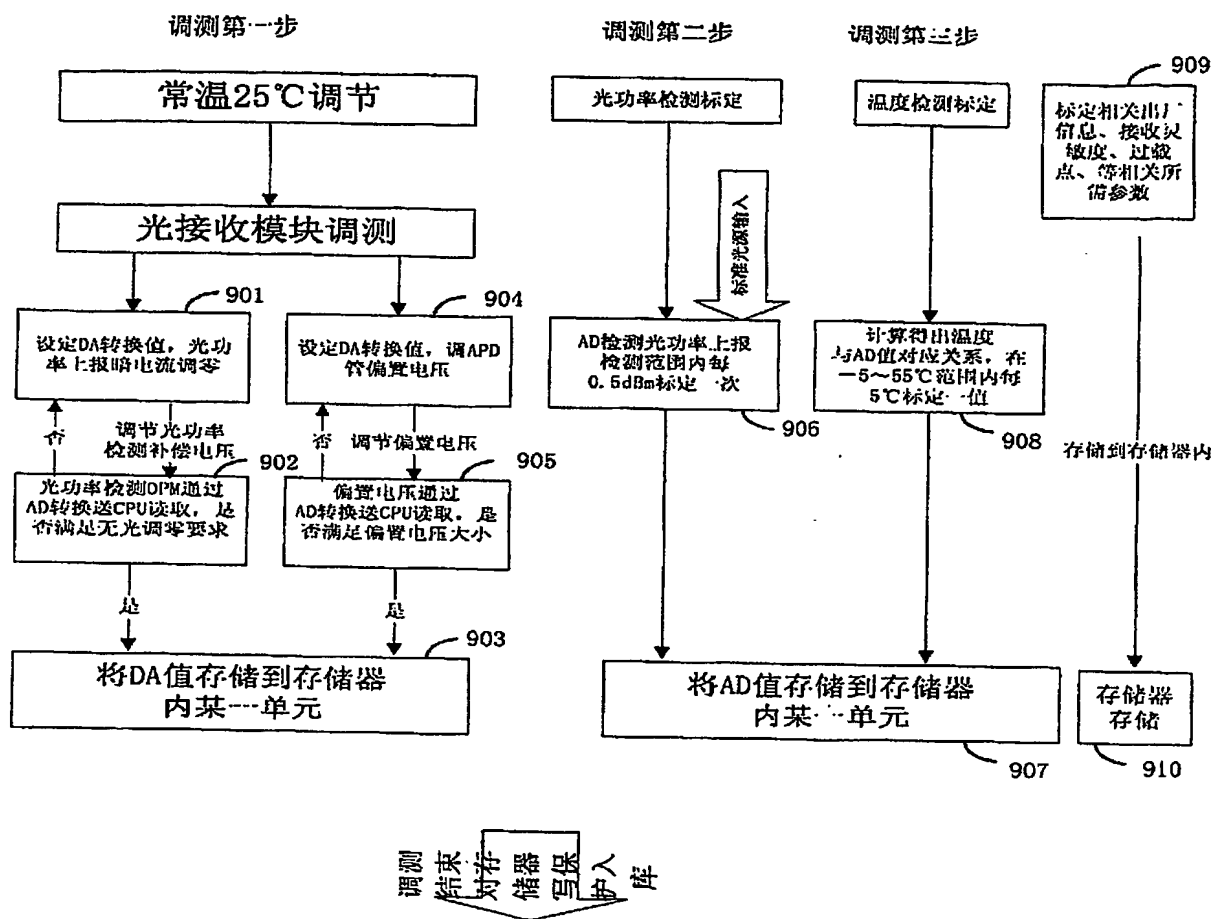


图9

27

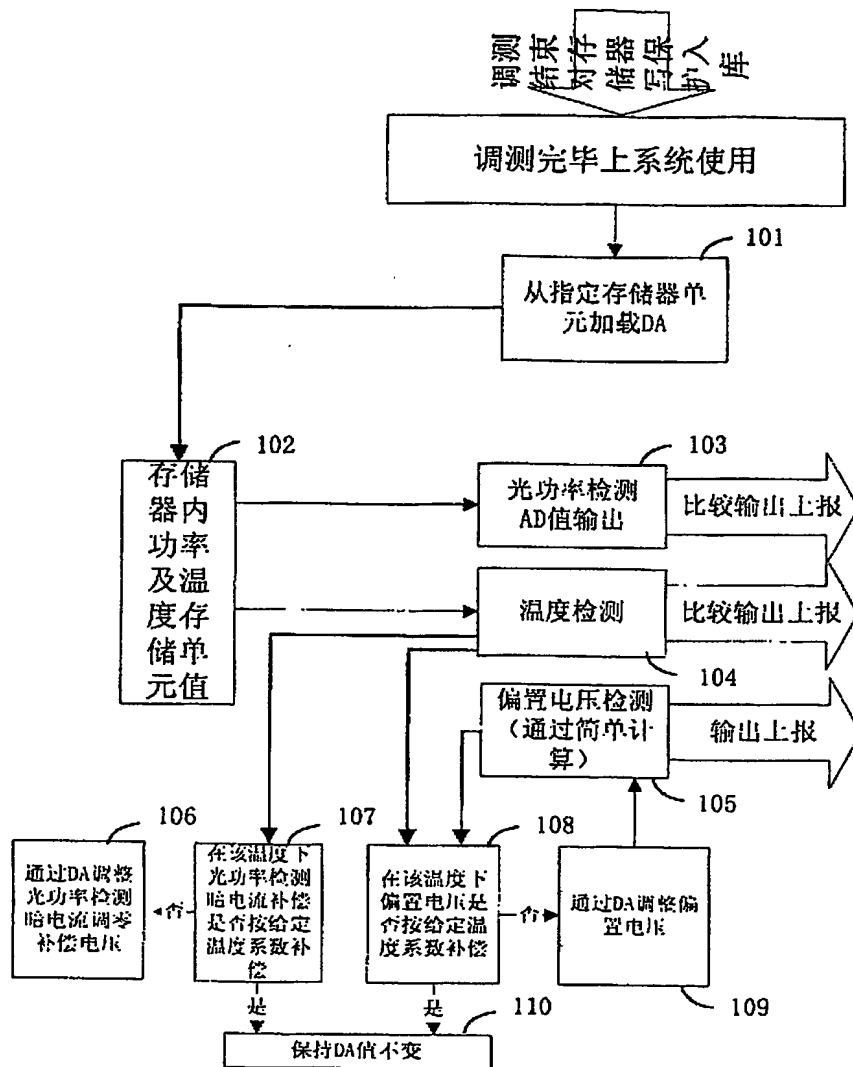


图 10